

***Procesy fizyczne warunkujące trwałość i
sprawność energetyczną polimerowych ogniw
słonecznych***

Wojciech Mech

Instytut Fizyki Doświadczalnej

Wydział Fizyki

Uniwersytet Warszawski

*Praca doktorska po kierunku
prof. dr hab. Krzysztofa P. Korony*

Warszawa 2024

Streszczenie

W niniejszej rozprawie doktorskiej przedstawiono badania procesów fizycznych zachodzącym w polimerowych ogniwach słonecznych, mające na celu poprawę stabilności i wydajności ogniw fotowoltaicznych. Polimerowe ogniwa słoneczne należą do trzeciej generacji ogniw fotowoltaicznych. Mimo wielu ich zalet, jak łatwość wytwarzania i niskie koszty produkcji, ogniwa te nadal wymagają ważnych udoskonaleń. Przede wszystkim polimerowe ogniwa mają niższą sprawność niż ogniwa krzemowe. Dodatkowo, niektóre używane w nich materiały mają zbyt duże tempo degradacji. Te dwa problemy, ich przyczyny i sposoby przeciwdziałania są głównymi tematami poruszonymi w tej rozprawie doktorskiej.

Duży nacisk położono na absorpcję światła, która jest pierwszym etapem zamiany energii świetlnej na elektryczną. Stosowane materiały o różnych pasmach absorpcyjnych. Duża część pracy poświęcona została badaniom trójskładnikowej warstwy aktywnej PBDB-T-2F:BTP-4Cl-12:PC₇₀BM zawierającej dwa rodzaje akceptorów (pochodną fullerenową oraz akceptor niefullerenowy), co znacząco zwiększa generowany fotoprąd. Materiały były dobierane tak, aby ich pasma absorpcji pokryły optymalnie zakres spektralny. Zoptymalizowano ogólną zawartość obu akceptorów w badanej trójskładnikowej warstwie aktywnej. W trakcie prac udało się uzyskać sprawności ogniw nawet 9,2%.

Sprawność ogniwa zależy od efektywności rozdzielania ładunków, a ta od wzajemnego ułożenia poziomów kwantowych materiałów tworzących złącze. Szukając optymalnych parametrów przebadano szereg nowych pochodnych fullerenów C₆₀ i C₇₀. Najlepsze rezultaty osiągnięto dla indenowych pochodnych fullerenowych, a najwyższą sprawność dla grupy heksylowej (C₇₀-IPH). Zaobserwowano, na przykład, wyższe napięcia będące wynikiem wyżej położonego poziomu LUMO w C₇₀-IPH. Stabilność próbek z indenowymi pochodnymi fullerenowymi były identyczne z uzyskiwanymi dla komercyjnie dostępnej pochodnej PCBM.

Większość badań prowadzonych było dla ogniw w konfiguracji prostej, jednak wykonano też ogniwa w konfiguracji odwróconej. Ogniwa takie mają teoretycznie wyższą stabilność oraz możliwość zastosowania w ogniwach tandemowych. Przebadano szereg warstw blokujących dziury ETL: ZnO w różnych odmianach oraz TiO_x.

Ponadto, dla warstw aktywnych PTB7-Th:PC₇₀BM i PBDB-T-2F:BTP-4Cl-12 dokonano optymalizacji temperatury wygrzewania, która ma ogromny wpływ zarówno na wydajność (porządkowanie separacji faz), jak i w stabilność ogniw. Dla próbek PTB7-Th:PC₇₀BM znacząco poprawiono stabilność zwiększając czas degradacji T50 z około jednego roku dla próbki niewygrzanej do 9 - 22 lat dla próbek wygrzanych.